

5. Гаврилов В.И. Топливо-транспортное хозяйство и золошлакоудаление на ТЭС / В.И. Гаврилов. - М.: Энергоиздат, 1987. - 168 с.
6. Борисенко Л.Ф. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанции / Л.Ф. Борисенко, Л.М. Дельцин, А.С. Власов. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001 - 68 с.
7. Тимошук Н.С. Применение золы и шлака Бурштынской ГРЭС в железобетонных изделиях для дорожного строительства / Н.С. Тимошук, И.С. Бобык. - М.: Мир, 1991 - 70 с.
8. Баженов Ю.М., Щебенкин П.Ф., Дворкин Л.И. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1986 - 120 с.
9. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов / П.И. Боженков. - М.: Стройиздат, 1963 - 170 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА

*Ф.Е. Сапрыкин, инженер, Д.Н. Мухортов, инженер, Д.В. Мартемьянов, инженер  
Томский политехнический университет, г. Томск  
634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-60-64-07  
E-mail: saprikin\_filipp@mail.ru*

### Введение

Проблема очистки воды от различных химических загрязнений сегодня имеет важное значение в современной экологии [1-3]. Одним из наиболее распространённых химических загрязнений в подземной воде является железо, находящееся в двухвалентном состоянии, которое при взаимодействии с кислородом воздуха окисляется до трёхвалентного состояния [4-7]. Существуют различные способы очистки водных сред от содержащегося в них железа: озонирование, аэрация, каталитическое окисление, сорбция, мембранный метод и т. д. Одним из распространённых методов по удалению из воды ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  является применение сорбционного способа очистки [8-10]. Поэтому представляет интерес поиск новых видов материалов для эффективного извлечения из воды ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ .

В данной работе осуществляется исследование физико-химических свойств и сорбционных характеристик различных материалов при извлечении ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  из модельного раствора.

### Материалы и методы исследования

В работе были исследованы различные материалы: газобетон, вспученный вермикулит, цеолит природный (Холинское месторождение), цеолит синтетический (NaX), природный минерал гематит. Размер гранул у исследуемых материалов составлял 1,5-2,5 мм.

При исследовании величины удельной поверхности ( $S_{уд}$ ), удельного объёма пор (P) и среднего размера пор используемых материалов применяли метод тепловой десорбции азота (БЭТ) с применением анализатора «СОРБОМЕТР М». Прибор «СОРБОМЕТР М» обеспечивает измерения удельной поверхности при различных парциальных давлениях газа-адсорбата по методу БЭТ в соответствии с ГОСТ 23401-90 и методу STSA, что позволяет дополнительно определять объем микропор и суммарный объем мезо- и макропор испытуемых образцов.

Проводились исследования сорбционной способности материалов в статических условиях с использованием магнитной мешалки. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого образца массой 0,7 г, помещали её в стеклянный стакан объёмом 100 см<sup>3</sup> и заливали 70 см<sup>3</sup> модельного раствора. Процесс осадительной сорбции проводили при времени контакта: 1, 15 и 60 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». В процессе перемешивания раствора ионы  $Fe^{2+}$  частично переходят в  $Fe^{3+}$  в результате окисления, поэтому сорбат анализировали по ионам  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  ( $Fe^{общ}$ ). Модельный раствор, содержащий ионы  $Fe^{2+}$ , готовился на дистиллированной воде с использованием железа (II) сернокислого 7-водного (ХЧ). Модельный раствор имел начальную концентрацию ионов  $Fe^{2+}$  в воде – 18,72 мг/дм<sup>3</sup>. Начальные и конечные концентрации ионов железа в растворах определяли методом фотоколориметрии.

### Результаты и их обсуждение

Проводили исследования свойств образцов используемых материалов. В таблице 1 представлены некоторые физико-химические параметры исследуемых материалов: величина удельной поверхности, удельный объём пор и средний размер пор.

Таблица 1

Величина удельной поверхности, удельный объём пор и средний размер пор исследуемых образцов носителей

Наименование образца носителя	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г	Средний размер пор, нм
Газобетон	12,15	0,005	1,715
Вспученный вермикулит	5,83	0,002	0
Цеолит природный Холинский	31,28	0,013	1,715
Цеолит синтетический NaX	357,23	0,149	1,718
Гематит	14,29	0,006	1,716

Как видно из таблицы 1, у образца синтетического цеолита значения по представленным показателям гораздо выше, чем у других исследуемых материалов. У других представленных материалов показатели гораздо меньше, а самые низкие у образца вспученного вермикулита.

В работе определена эффективность исследуемых образцов материалов при извлечении ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> из модельного раствора. В таблице 2 представлены сорбционные свойства исследуемых материалов при извлечении ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> из модельного раствора.

Таблица 2

Степень извлечения ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> из модельного раствора в процессе статической сорбции при использовании исследуемых образцов материалов

Наименование сорбента	Время сорбции, мин.	Концентрация ионов Fe <sup>общ</sup> в растворе до очистки, мг/см <sup>3</sup>	Концентрация ионов Fe <sup>общ</sup> в растворе после очистки, мг/см <sup>3</sup>	Степень очистки, %
Газобетон	1	18,72	11,3	39,64
	15		2,39	87,24
	60		0,34	98,19
Вспученный вермикулит	1		14,93	20,25
	15		5,12	72,65
	60		1,29	93,11
Цеолит Холинский	1		16,31	12,88
	15		9,72	48,08
	60		4,45	76,23
Цеолит синтетический	1		12,46	33,45
	15		2,75	85,31
	60		0,43	97,71
Гематит	1	18,06	3,53	
	15	14,7	21,48	
	60	8,09	56,79	

Как видно из таблицы 2, самые лучшие свойства при извлечении из модельного раствора ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> наблюдаются у образцов газобетона и синтетического цеолита. Более низкие сорбционные свойства наблюдаются у образцов вспученного вермикулита и Холинского цеолита. Самые отрицательные свойства у образца минерала гематит. По всем исследуемым материалам видна одна закономерность, где с увеличением времени процесса перемешивания наблюдается увеличение сорбционной способности образцов.

### Выводы

По итогам проведённых исследований определена величина удельной поверхности, удельный объём пор и средний размер пор у всех исследуемых сорбционных материалов. Получены сорбционные характеристики исследуемых материалов при извлечении ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> из модельного раствора при различном времени контакта. Показана возможность использования исследуемых материалов для очистки водных сред от ионов железа. Определены такие образцы исследуемых материалов как газобетон и синтетический цеолит, которые можно использовать для эффективного извлечения из водных сред ионов железа, даже при малом времени контакта.

Литература.

1. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. Справоч. пособие / Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высш. школа, 1996. – Т.2. – 638 с.
2. Водоподготовка / Под ред. Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.
3. Экология: учебник / под редакцией Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 300 с.
4. Беляев Р. А. Водоснабжение и санитарная техника. – М.: Издательство, 1999. – 246 с.
5. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии / Под ред. Дж. Уэра. – М.: Мир, 1993. – 192 с.
6. Очистка природных вод / Под ред. В. А. Клячков. – М.: Стройиздат. 1971. – 579 с.
7. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец А. М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.
8. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды / А. Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
9. Теория и практика сорбционных процессов / Под ред. Е. В. Веницианова. – Воронеж, 1998. – Вып. 23. – 24 с.
10. Марченко Л. А., Боковикова Т. Н., Шабанов А. С. Сорбционная доочистка сточных вод // Экология и промышленность России. – 2007. – № 10. – С. 53–55.

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
НА КЕМЕРОВСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «КОКС»**

*В.Г. Михайлов, к.т.н., доц., Т.В. Киселева\*, д-р.т.н., проф., Г.С. Михайлов, к.т.н., доц.  
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово  
650000, г. Кемерово ул. Весенняя 28, тел. (3842)-39-69-53  
E-mail: mvg.eohp@kuzstu.ru*

*\* Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк  
654007, г. Новокузнецк ул. Кирова 42, тел. (3843)-78-43-30  
E-mail: kis@siu.sibsiu.ru*

Кемеровский ОАО «Кокс» - крупное предприятие с развитой инфраструктурой, выполняющее важные социально-экономические функции для города и области, но оказывающее негативное воздействие на окружающую среду, выраженное, в том числе, в образовании широкого спектра отходов, среди которых наибольшее значение имеет каменноугольная смола и фусы, включающие угольную и коксовую пыль.

Коксовая пыль получается в процессе любых технологических операций, связанных с коксом (рассортировка валового кокса, сухое тушение кокса, перегрузка кокса и т.д.). Она почти не находит применения из-за тонкодисперсного состояния, высокой зольности, сложности с разгрузкой и транспортировкой, в связи с чем обычно возвращается в шихту коксования в количестве 1% к массе шихты, что уменьшает объем ее полезной загрузки.

На основании изучения передового отечественного и мирового опыта в области переработки коксовой пыли можно сделать вывод, что большинство технологий связаны с уплотнением коксовой пыли разными способами, однако здесь важную роль играет экономическая составляющая эффективности процесса, зависящая от вида используемого связующего, его стоимости, энергопотребления процесса и других затрат. На сегодняшний день известны три способа уплотнения коксовой пыли: агломерация, грануляция (окомкование) и брикетирование. В данной работе для переработки коксовой пыли с возможностью получения рентабельного товарного продукта предлагается использовать брикетирование.

Брикетирование - процесс получения кусков (брикетов) с добавкой и без добавки связующих веществ с последующим прессованием смеси в брикеты нужного размера и формы.

Целью уплотнения коксовой пыли является не только получение заданного размера кусков, но и создание в структуре комплекса заданных физико-химических свойств, обеспечивающих качество топлива в зависимости от применения. Соответственно, существует зависимость технологических параметров процесса уплотнения с качественными характеристиками коксовой пыли.

Брикетирование коксовой пыли (со связующими веществами или без них) – наиболее универсальный способ вовлечения ее в переработку, также в качестве связующего может быть привлечен целый ряд техногенных отходов, снижающих себестоимость процесса брикетирования. Важной осо-